

## **EVALUACIÓN CORRELACIONAL DE LA ASOCIACIÓN CACAO-LEGUMINOSAS EN LA SOSTENIBILIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**

**Vicente Anzules, Norman Soria, Emilio Basantes**

*Maestría en Agricultura Sostenible; Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí, Ecuador.*

*[vvanzules@espe.edu.ec](mailto:vvanzules@espe.edu.ec) ; [nasoria@espe.edu.ec](mailto:nasoria@espe.edu.ec); [erbasantes@espe.edu.ec](mailto:erbasantes@espe.edu.ec)*

### **RESUMEN**

La sostenibilidad de un sistema de producción agrícola en Santo Domingo de los Tsáchilas fue analizada en la investigación que tuvo como objetivo general evaluar la contribución de la asociación cacao – leguminosas. El material plantado fue CCN -51 de seis meses de edad, establecido a 4 x 3 m. Los tratamientos fueron: Cacao – maní, Cacao - fréjol vigna, Cacao – Siratro, Cacao - Control mecánico de malezas (Testigo); y Cacao - control químico de malezas (Testigo). El Diseño Experimental fue Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y las variables evaluadas: porcentaje de cobertura, vigor de planta en cacao, producción de materia seca de malezas, humedad del suelo, fertilidad del suelo y foliar de las plantas de cacao, microbiano del suelo y rendimiento y costos de producción de las leguminosas de grano. Siratro fue la mejor cobertura, además incidió en el vigor de las plantas de cacao. La correlación entre la cobertura del suelo y el vigor de plantas de cacao fue alta  $r = 0,96$  para Siratro, significando que a mayor cobertura, mayor vigor de planta. La regresión y correlación entre humedad del suelo y vigor de plantas de cacao determinó relación fuerte pero negativa para los tratamientos maní y control mecánico  $r = -0,94$  y  $r = -0,98$ , indicando que el vigor de las plantas tienden a disminuir con la disminución de la humedad del suelo. Las malezas proporcionaron importantes cantidades de biomasa. Ligeros cambios se observaron en los nutrientes del suelo y tejido vegetal del cacao. Se determinó la presencia de hongos benéficos en los tratamientos con coberturas leguminosas. Las coberturas contribuyeron a la sustentabilidad económica, social y ambiental del sistema.

**Palabras claves:** sustentabilidad productiva, coberturas, vigor de planta, control de malezas, flora microbiana

## ABSTRACT

The sustainability of agricultural production system in Santo Domingo de los Tsáchilas was analyzed in the study that had the overall objective to assess the contribution of the cocoa association - legumes. The planting material was CCN-51 with six months old, set at 4x3. The treatments were: cocoa-peanut, cocoa-vigna beans, cocoa-siratro, cocoa-mechanical weed control (control) and cocoa-chemical weed control (control). The experimental design was randomized complete block, with three replications and the variables assessed: percentage of cover, plant vigor in cocoa, dry matter weeds production, soil moisture, soil and leaf fertility of cocoa plant, microbial soil, and performance and production costs of grain legumes. Siratro was the better coverage, also had an impact on the vigor of cocoa. The correlation between land cover and vigor of cocoa plant was high  $r=0.96$  for Siratro, meaning that a greater coverage, greater plant vigor. Regression and correlation between soil moisture and vigor in cocoa plants, determined strong but negative relationship for peanut and mechanical control treatments  $r=-0.94$  and  $r=-0.98$  respectively, indicating that the vigor tends to decrease with decreasing soil moisture. Weeds provided significant amount of biomass. Slight changes were observed in soil nutrients and cocoa vegetal tissue. The presence of beneficial fungi in the treatments with legume cover was determined. The vegetation cover contributed to the economic, social and environmental sustainability of the system.

**Keywords:** production sustainability, hedges, plant vigor, weed control, microbial flora

## 1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad entendida como un aspecto multidimensional, resulta de la interacción de variables ecológicas, económicas, sociales, culturales y políticas. La sostenibilidad, promueve la conexión positiva entre el manejo de los recursos, el incremento de la productividad, reducción de desperdicios, creación de nuevos empleos y capacidad de generar ingresos, asegurando también protección al ambiente y mejorando la calidad de vida Cáceres (2008).

La sostenibilidad, implica la durabilidad de los sistemas de producción y su capacidad para mantenerse en el tiempo buscando alternativas que eviten el

deterioro ambiental que obedece, entre otras razones, a la aplicación de políticas estatales para el agro, y de paquetes tecnológicos generados en la agricultura convencional que se aplicaron en lugares y grupos sociales que no son precisamente aquellos para los que se ideó (Corrales, 2010).

El cacao por su parte, es producto de exportación reconocido en el mundo por sus características organolépticas, y debe demostrar que su producción protege los recursos naturales, conserva la biodiversidad y utilizan insumos aprobados; por consiguiente, requiere de la implementación de alternativas sostenibles, de bajo costo, promotoras del equilibrio ecológico, y mejoradoras de la productividad y condiciones de vida que fortalezcan las exportaciones (Armajaro, 2012).

El cacao, ocupa el cuarto lugar de las exportaciones agrícolas de Ecuador con 470.054 ha plantadas con: CCN-51 y el cacao nacional o fino de aroma. Genera empleo para 600.000 personas (Newsweek, 2011). En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, hay 19.837 ha cultivadas principalmente por pequeños productores que en su mayor parte no aprovechan los espacios interlíneas, ni la lentitud de crecimiento de la planta, para asociar cultivos de ciclo corto o anuales. Bajo estas circunstancias y por la alta precipitación, predominan malezas de especies diferentes que son controladas con herbicidas, evidenciándose la erosión y pobreza de los suelos (Espe, 2012).

Una posibilidad para mantener el suelo cubierto, aumentar la materia orgánica del suelo y conseguir alimentos para personas y animales lo constituyen leguminosas como maní: (*Arachis hypogaea* L.), fréjol vigna (*Vigna unguiculata*) y Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) de crecimiento rápido, rastreras, con abundante follaje, resistentes a plagas, sequías y exceso de humedad y compatibles con los cultivos. En sus raíces poseen nódulos con bacterias simbióticas conocidas como rizobios, que producen compuestos nitrogenados. (Burity, 1989).

La agricultura sostenible para cumplir con su rol debe ser productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada, conservar la base de los recursos naturales y preservar la integridad del ambiente local, regional y global; (Sarandón 2002); bajo esta premisa, los sistemas “tradicionales”, serían más sustentable, debido a la coevolución de los agricultores con su medio ambiente (Altieri, 1994). Sin embargo, es necesario mejorar su situación porque los productores tradicionalistas tienen limitaciones económicas, de mercadeo, de almacenamiento y procesamiento; poco acceso al crédito y asistencia técnica basada en plaguicidas y fertilizantes sintéticos (Acción Ecológica, 2007).

El objetivo general de la investigación fue evaluar la contribución de la asociación cacao leguminoso a la sostenibilidad productiva del sistema.

## 2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó con cacao CCN 51, de marzo a noviembre de 2013 en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, parroquia Luz de América, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Latitud: 0° 26' 281" S y longitud: 79° 19' 236". La zona de vida, corresponde al Bosque húmedo Tropical (bh-T). Altitud: 272 msnm. Temperatura promedio: 23 °C. Precipitación anual: 2.700 mm, Humedad relativa promedio: 85%. Heliofanía: 760 horas brillo solar año<sup>-1</sup>. Suelo: Franco Arenoso.

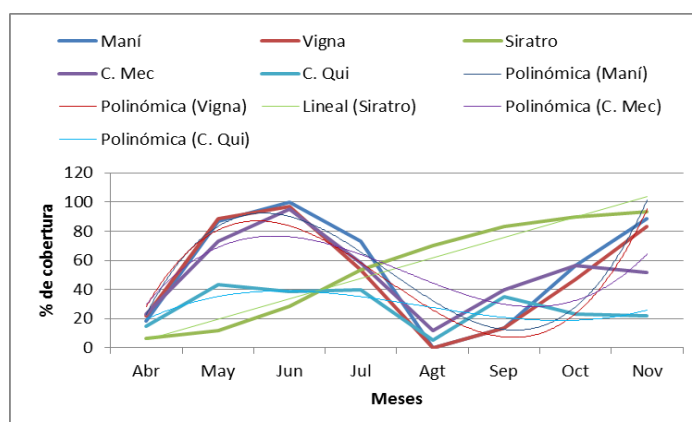
El área total del ensayo fue de 3.360 m<sup>2</sup>. Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: Cacao + maní (*Arachis hypogaea*), Cacao + fréjol vigna (*Vigna unguiculata*), Cacao + Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), Cacao + Control mecánico de malezas (Control) y Cacao + control químico de malezas (Control).

Mensualmente se evaluó el porcentaje de las coberturas, el vigor de las plantas de cacao y la producción de materia seca de malezas. La humedad gravimétrica del suelo se evaluó cada quince días. Se realizaron análisis de laboratorio de suelo, foliar y microbiológico inicial, cuatro y ocho meses, así como el análisis económico.

## 3. RESULTADOS

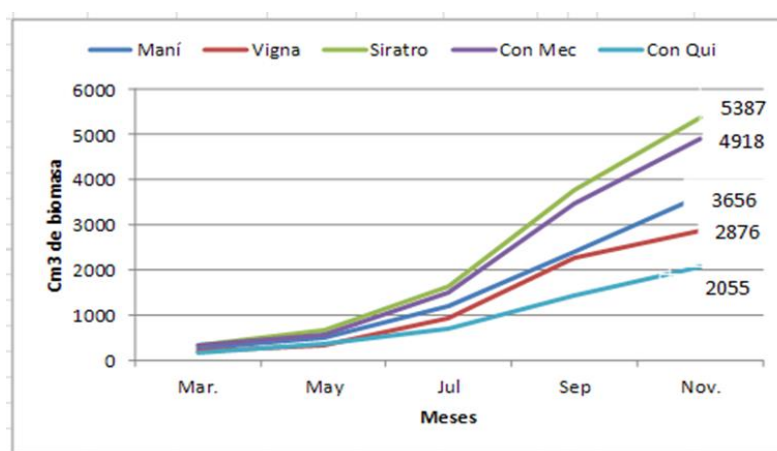
En la variable porcentaje de cobertura, el mejor tratamiento fue siratro, a los nueve meses, alcanzó cobertura superior a 90%, mostrando tendencia lineal. Los tratamientos, maní, fréjol vigna, control mecánico y químico, siguieron una tendencia polinómica de tercer orden, es decir a incrementarse hasta el mes de junio, para luego disminuir en septiembre y volver a incrementarse. Su respuesta estuvo en función del ciclo vegetativo (Figura 1).

En ambientes tropicales, el siratro, contribuye a reducir la incidencia de malezas y el control químico, a reducir considerablemente la cobertura que producen las malezas, afectando la biodiversidad (Andrade, 2014). Las coberturas disminuyen la erosión (Shenk, 1986) y mejoran las condiciones del suelo (Larson, 1979)



**Figura 1.** Porcentaje de cobertura de tratamientos

El vigor de las plantas de cacao de todos los tratamientos (figura. 2) presentó tendencia a incrementarse con el tiempo. En las dos primeras evaluaciones, no existieron diferencias de importancia, pero a partir de julio, se observaron. En noviembre, el mayor incremento lo presentaron los tratamientos cacao - siratro, y cacao – control mecánico con valores. El vigor de la planta de acuerdo con Zinmdahl (1980) depende de las características genotípicas, de la interacción con el ambiente y de la competencia con otras plantas, principalmente. Las coberturas vegetales al suelo; contribuyen a la diversificación estructural y funcional de los agroecosistemas, Hilje, y Hanson, (2008), al incremento de la producción de biomasa y materia orgánica del suelo, entre otros. (Corrales, 2010)



**Figura 2.** Incremento del vigor de las plantas de cacao (volumen de biomasa)

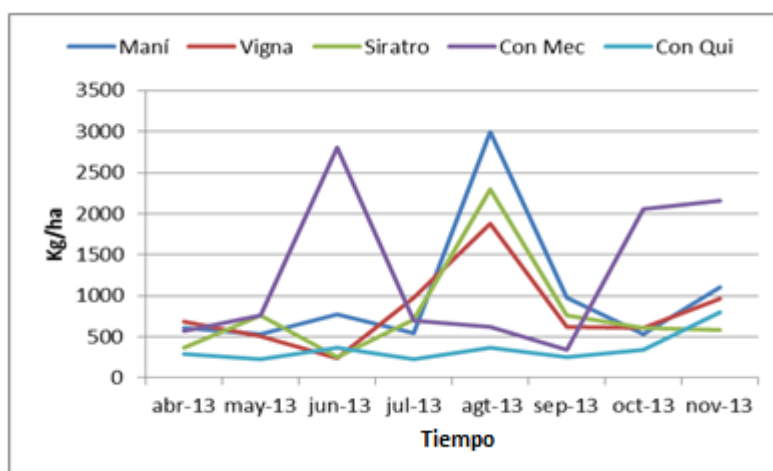
La correlación entre el porcentaje de cobertura con el índice de vigor de las plantas de cacao durante mayo a noviembre, fue  $r = 0,94$  para siratro. Para maní, frejol vigna, control mecánico y químico, los valores fueron negativos (tabla 1), significando que a mayor cobertura del suelo existe mayor vigor de la planta. Los demás tratamientos, mostraron tendencia cuadrática, incrementándose en los primeros meses, para luego disminuir y volver a incrementarse.

**Tabla 1.** Correlaciones entre cobertura y el vigor de la planta de cacao

| Tratamientos             | Maní  | Vigna | Siratro | Control  |         |
|--------------------------|-------|-------|---------|----------|---------|
|                          |       |       |         | Mecánico | Químico |
| Coef. de Correlación (r) | -0.14 | -0.27 | 0.94    | -0.71    | -0.96   |

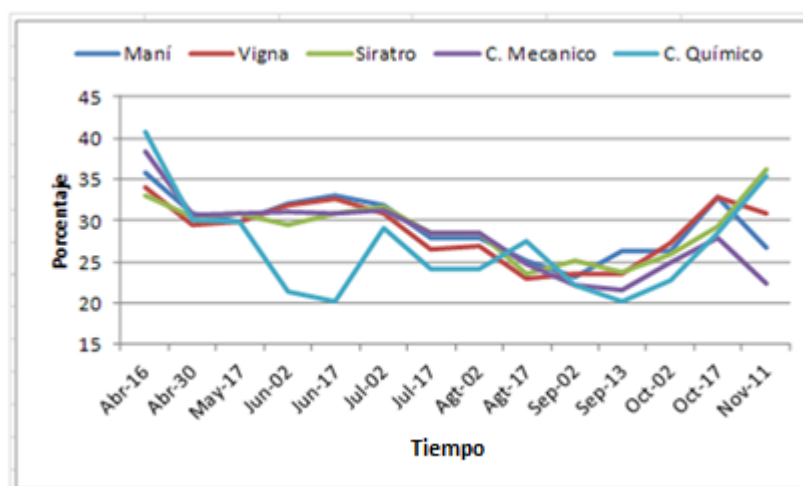
La cantidad de materia seca producida por la biomasa de las malezas, se muestra en la figura 3. En el control mecánico, se obtuvo la mayor cantidad de materia seca, y estuvo en función de la presencia de malezas y precipitaciones, incrementándose en mayo, disminuyendo luego e incrementándose después de septiembre. En los tratamientos maní, frejol vigna y siratro se observó incremento a partir de julio, debido al término del ciclo vegetativo del maní y del frejol vigna y al aletargamiento del siratro, debido a la ausencia de lluvias, luego disminuyó por la segunda siembra de maní y frejol vigna, así como por la recuperación del siratro.

En sentido estrictamente ecológico, según Malagón y Prager (2000), la productividad de materia seca de malezas, es una buena medida la fertilidad y productividad ambiental. La biomasa contribuye a la agregación del suelo mejorando las propiedades físicas, la capacidad de intercambio catiónico, y suministrando la mayor parte del nitrógeno y del azufre y la mitad del fósforo que absorben los cultivos (Sánchez, 1981). Mantener un nivel alto de fitomasa conforme lo señala Altieri, (1994), es sostener la biología del suelo y la producción animal y vegetal. La fitomasa es fuente de carbono, aporta energía y facilita la retención de nutrientes.



**Figura 3.** Peso seco de la biomasa de malezas/tratamiento (kg/ha)

La humedad del suelo (figura 4), tuvo tendencia similar para todos los tratamientos, disminuyendo de abril a septiembre, y luego incrementándose; con excepción del control químico que obtuvo valores menores en mayo y junio y luego se incrementó. El análisis de regresión y correlación (tabla 2) entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de las plantas de cacao encontró en los tratamientos maní y control mecánico una relación fuerte, pero negativa, en cambio para frejol vigna, siratro y control químico una relación positiva, pero débil. Las correlaciones altas para la cobertura maní ( $r = -0,94$ ) y control mecánico ( $r = -0,98$ ) indicaron que el vigor de las plantas tiende a disminuir con la disminución de la humedad del suelo. En cambio, los valores bajos de las otras correlaciones demostraron que la humedad del suelo no afectó el vigor de las plantas de cacao. El resultado parece estar influenciado por la precipitación ocurrida durante los meses de estudio. Sobre el particular, Larson (1979) señala la ventaja de la cobertura vegetal en la retención de la humedad. El aumento de la humedad ofrece condiciones favorables para el desarrollo de organismos que actúan como agentes de control natural, como los hongos entomopatógenos y antagonistas, así como un hábitat propicio para depredadores (Pérez, 2004). La falta de agua en el suelo hace más lento el movimiento de los nutrientes hacia las raíces. (Potash and Phosphate Institute, 1997)



**Figura 4.** Humedad del suelo expresada en porcentaje

Los análisis de suelo y tejidos vegetal, no observaron cambios importantes durante el experimento, porque la descomposición y mineralización de la biomasa fue muy lenta (Julca et al, 2006). La liberación de nutrientes depende de factores climáticos, de la superficie específica, de la carga microbiana, del contenido original materia orgánica, entre otros; dependen de la solubilidad del mismo, de su abundancia o escasez y de la superficie específica mostrada (Gallardo, J. 2014). El análisis inicial de la carga microbiana del suelo, reportó bacterias y hongos de los géneros: *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. y *Fusarium* sp. en cantidades variables. En el segundo análisis a los cuatro meses, no se encontró *Rhizopus* sp.; *Fusarium* sp, desapareció excepto en el tratamiento con maní. En este análisis se observó la presencia del hongo benéfico *Trichoderma* sp., excepto en el tratamiento con control químico. En el tercer análisis a los ocho meses, se encontró *Mucor* sp, bajas poblaciones de *Penicillium* sp, y *Trichoderma* sp, y se incrementó la población de *Aspergillus* sp. Según lo manifestado por Yáñez, S. (2013), *Aspergillus* sp., puede encapsular la expresión del hongo benéfico *Trichoderma* sp, reduciendo su población. *Trichoderma* sp. por su parte, ejerce presión sobre la población de *Fusarium* sp.



**Tabla 2.** Regresiones y correlaciones entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de plantas de cacao

| Coeficientes | Control |       |         |           |         |
|--------------|---------|-------|---------|-----------|---------|
|              | Maní    | Vigna | Siratro | Mecánico. | Químico |
| <b>b</b>     | -616    | -108  | 46      | -325      | 11      |
| <b>r</b>     | -0,94   | -0,39 | 0,13    | -0,98     | 0,11    |

La población fungosa predomina en suelos ricos en restos vegetales, donde la competencia por alimentos y energía no es demasiada aguda, pero declinan rápidamente cuando desaparecen los materiales fácilmente degradables; en cambio, las bacterias persisten más tiempo y consumen a los hongos (Thompson y Troeh, 1989). La posibilidad de que predominen los hongos o el grupo de bacterias-actinomicetos depende del pH y contenido de humedad. En el presente estudio, la disponibilidad o no de agua puede haber influenciado la población bacteriana que inicialmente y debido a la alta precipitación reportó bajas poblaciones de bacterias, que luego se incrementaron conforme las condiciones de humedad disminuyeron

La productividad total de maní y frejol vigna fue de 6.451 y 5. 458 kg/ha, con beneficio económico de 4.386 USD y 3.923 USD respectivamente. Los egresos por insumos y mano de obra fueron de 2.065 USD y 1.625 USD, para maní y frejol vigna, en su orden. La intercalación con leguminosas es conveniente, los ingresos permitirán mantener la plantación de cacao hasta que empiece a producir, evidenciándose la sostenibilidad económica. En lo ambiental, la diversificación de cultivos, mejora las características físicas y químicas del suelo y aminora el uso de herbicidas, dando lugar a la sostenibilidad ambiental, concordando con Sarandon, (2002). Como en la finca trabaja y vive la familia, da lugar a la integración familiar, evidenciándose la sostenibilidad social. La seguridad alimentaria, es complementaria según lo señala Altieri, (1994) y surge como la capacidad que tiene cada familia para producir el alimento necesario para cubrir su propio consumo teniendo que ver con el grado de diversificación productiva.

#### 4. CONCLUSIONES

La cobertura propiciada por las leguminosas, permitió mejor control de malezas, respecto al control mecánico y químico. Las malezas generaron importante cantidad de biomasa, con excepción del tratamiento control químico. La humedad del suelo fue favorecida por la presencia de

coberturas y precipitaciones. No se observaron cambios significativos en contenido de nutrientes del suelo y de tejidos. Se observó la presencia de géneros de hongos benéficos en los tratamientos con coberturas. La cobertura con siratro, mostró tendencia lineal en el cubrimiento, incidiendo en el vigor de las plantas de cacao. Correlación negativa se observó entre la humedad del suelo y el vigor de las plantas de cacao. El sistema de producción cacao - leguminosas tiene importante connotación en la sustentabilidad económica, social y ambiental.

## 5. RECOMENDACIONES

La siembra de leguminosas de grano o forrajeras en las interlíneas del cacao. Continuar con la evaluación en las variables analizadas. Realizar investigaciones con otras especies leguminosas. Difundir el conocimiento mediante eventos de capacitación.

## 6. REFERENCIAS

1. Acción Ecológica. (2007). Boletín Informativo. Quito, Ecuador. 10 p
2. Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica. Vol. 54, N° 4.
3. Andrade, P. (2014). Efecto de tres leguminosas sobre el control de malezas y crecimiento del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) durante el primer año de establecimiento, en la Concordia, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis de Grado Ingeniero Agropecuario. Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. p. 85
4. Armajaro, (2012). Manual de capacitación del cacao. Santo Domingo, Ecuador. 50 p
5. Burity H.A., M.A. Faris & B.E. Culman. 1989. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. Plant and Soil. 114-249-255.
6. Cáceres, M. (2008). La sustentabilidad de los sistemas campesinos analizada desde dos enfoques: estados vs procesos. Interciencia. Agosto 2008. Vol. 33 N° 8, pp 578 – 585.
7. Corrales, R. (2010). Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia N° 5. Instituto de Estudios Rurales, IER, Pontificia Universidad Javeriana. ISBN 958-9262-17-1

8. Espe. (2012). Diagnóstico agrosocioeconómico en el sector Luz de América, Puerto Limón. Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo de los Tsáchilas. 18 p.
9. Gallardo, J.F. (2014). Balance Biogeoquímico de Elementos en Cultivos de Palma Aceitera en el Ecuador: Hacia un Programa Interinstitucional. Programa Prometeo. ANCUPA, ESPE, CSIC. Presentación Técnica. Santo Domingo, Ecuador. 81 p.
10. Hilje, L y Hanson, P. (2008). La biodiversidad tropical y el manejo integrado de plagas. In: manejo integrado de plagas en Mesoamérica, aportes conceptuales. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Pp: 619-638.
11. Julca, A. et al. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias en el uso de la agricultura. IDISIA (Chile) Enero – Abril 2006. Volumen 24, N° 1, Páginas 49- 61.
12. Larson W E., R F. Holt, and C. W. Carlson. (1979). Residuos por soil conservation. Crop Residue management Systems. American Society of Agronomy, pp: 1-15.
13. Malagón, R, y Prager, M. (2000). El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad nacional de Colombia, sede Palmira. 190 p.
14. Newsweek, (2011). Cacao ecuatoriano, el sabor del río. pp 10 -11.
15. Potash and phosphate Institute. (1997). Manual internacional de fertilidad de suelo. Norcross, GA, USA.
16. Sánchez, P. (1981). Suelos del trópico: Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. 660 p.
17. Sarandón, S. et al. (2002). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas en fincas en Misiones, Argentina, mediante uso de indicadores. , Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, CC 31, 1900, La Plata, Argentina. pp 20-27.
18. Shenk, M., G. Riveros, y C. Romero. (1986). Métodos de control de malezas. Oregon State University, Corvallis, Oregon. International Plant, pp: 55-64.
19. Thompson, L.M. y Troeh, F. R. (1988). Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona, España, pp. 135-169.
20. Zinmdahl, R. L. (1982). Weed-Crop Competition. A review. International Plant Protection Center. Oregon State University. USA. 189 p.